

## MONITORAMENTO HIDROQUÍMICO DOS CÓRREGOS AFLUENTES DA REPRESA FAXINAL, CAXIAS DO SUL – RS

*Tiago De Vargas<sup>1\*</sup>; Marcio Vicente Duarte Adami<sup>2</sup>; Eliara de Almeida Silva Aver<sup>3</sup>; Rossano Belladona<sup>4</sup>; Marta Antenisca Zago<sup>5</sup>; Edio Elói Frizzo<sup>6</sup>.*

**Resumo** – O presente estudo aborda o monitoramento hidroquímico de alguns parâmetros físico-químicos dos sete afluentes responsáveis pela manutenção do nível da água na represa Faxinal. Esta bacia de captação está localizada no município de Caxias do Sul – RS, e abastece 63% da população urbana. Os parâmetros analisados englobam pH, condutividade elétrica, turbidez, ferro, manganês, sulfato, fosfatos (orto e total), cobre, amônio e nitrato. Os dados utilizados neste trabalho correspondem às amostragens mensais de abril/2012 a abril/2013. Os resultados mostraram maiores concentrações de fosfatos nas épocas em que ocorre a preparação do solo para o uso agrícola. O nitrato e amônio apresentaram comportamento abaixo do limite máximo permitido (LMP) pela Resolução CONAMA Nº 357 de 2005. O cobre detectado possui origem antrópica, proveniente da aplicação de fungicidas a base de cobre ocorrendo sua adsorção e desorção no solo. Referente aos teores de ferro e manganês é possível que tenham influência natural, devido à composição geoquímica das rochas estudadas na região. A coleta da água realizada durante o *runoff* confirmou o aumento das concentrações de compostos e elementos químicos à represa Faxinal.

**Palavras-Chave** – Fertilizantes, hidroquímica, fosfatos.

## HYDROCHEMICAL MONITORING OF THE TRIBUTARY CREEKS TO THE FAXINAL RESERVOIR IN CAXIAS DO SUL - RS

**Abstract** – This study refers to the hydrochemical monitoring of some physicochemical parameters of the seven tributary creeks responsible for maintaining the water level in the Faxinal reservoir. This catchment is located in the city of Caxias do Sul - RS, and supplies 63% of the urban population. The parameters analyzed include pH, conductivity, turbidity, iron, manganese, sulfate, phosphates (ortho and absolute), copper, ammonium and nitrate. The data used in this paper correspond to the monthly sampling from April/2012 to April/2013. The results showed higher concentrations of phosphate during the time soil is prepared for agricultural use. Nitrate and ammonium showed behavior below the maximum allowed by CONAMA Resolution Nº. 357/2005. The detected copper is from anthropogenic base, due to the use of copper-based fungicides and its adsorption and desorption in the soil. Regarding the levels of iron and manganese it is possible that it was influenced by natural resources, due to the geochemical composition of rocks in the studied area. Water sampling during runoff confirmed the increasing concentrations of the chemical elements and compounds to the Faxinal reservoir.

**Keywords** – Fertilizers, hydrochemistry, phosphates.

<sup>1</sup> Geólogo do SAMAE-Caxias do Sul. Mestre em geoquímica de águas. [tvargas@samaecaxias.com.br](mailto:tvargas@samaecaxias.com.br)

<sup>2</sup> Engenheiro agrônomo. Técnico em hidrologia do SAMAE-Caxias do Sul. [mvadami@samaecaxias.com.br](mailto:mvadami@samaecaxias.com.br)

<sup>3</sup> Técnica em química do SAMAE-Caxias do Sul. [esilva@samaecaxias.com.br](mailto:esilva@samaecaxias.com.br)

<sup>4</sup> Engenheiro ambiental. Gerente da Divisão de Recursos Hídricos do SAMAE-Caxias do Sul. [rbelladona@samaecaxias.com.br](mailto:rbelladona@samaecaxias.com.br)

<sup>5</sup> Arquiteta. Pós-graduada em gestão de recursos hídricos. Diretora da Divisão de Recursos Hídricos do SAMAE-Caxias do Sul. [mzago@samaecaxias.com.br](mailto:mzago@samaecaxias.com.br)

<sup>6</sup> Diretor-Presidente do SAMAE-Caxias do Sul. [efrizzo@samaecaxias.com.br](mailto:efrizzo@samaecaxias.com.br)

## INTRODUÇÃO

O aumento demográfico da população ocasiona maior consumo de água e geração de efluentes pelo uso doméstico, industrial e agrícola. A expansão agrícola provoca o acréscimo de fertilizantes químicos e orgânicos em maiores extensões de áreas, tornando-se preocupante ao equilíbrio químico dos solos e águas, visto que a contaminação por insumos agrícolas é difusa e de difícil recuperação ou mitigação. A elevação da carga de nutrientes nos rios está relacionada à ausência de manejo adequado aos solos agrícolas, aos dejetos provenientes de animais e à carência de tratamento de efluentes domésticos, tanto em áreas rurais quanto urbanas.

A ocorrência de teores elevados de alguns compostos nitrogenados e fosfatados, aliados ao clima, podem propiciar o desenvolvimento de comunidades fitoplanctônicas, que em excesso, geram a eutrofização do ambiente aquático lântico. Torna-se interessante determinar quais tributários contribuem com as maiores cargas de nutrientes. Estudos hidroquímicos em córregos fornecedores de aporte hídrico aos reservatórios são importantes para descrever e caracterizar o comportamento dos elementos químicos particulados e dissolvidos nas águas.

O objetivo deste estudo contempla o monitoramento hidroquímico dos sete afluentes da represa Faxinal, a fim de identificar os principais contribuintes dos compostos nitrogenados e fosfatados. Além disso, descrever a distribuição de alguns elementos metálicos relacionados a fontes naturais e antrópicas na bacia de captação.

## ÁREA DE ESTUDO

O município de Caxias do Sul possui uma população de 435.482 habitantes, sendo 419.321 urbana e 16.161 rural. O posicionamento geográfico está entre as coordenadas geográficas longitude  $51^{\circ}18'00''\text{W}$  –  $50^{\circ}42'00''\text{W}$  e latitude  $29^{\circ}20'00''\text{S}$  –  $28^{\circ}48'00''\text{S}$ . A bacia de captação do arroio Faxinal abastece 63% da população urbana do município, representando o principal manancial superficial. Possui área de captação aproximada de 7.000 ha. O barramento da represa pode ser observado nas coordenadas UTM 494.334mE / 6.782.728mN, Datum Sirgas2000 (Figura 1).

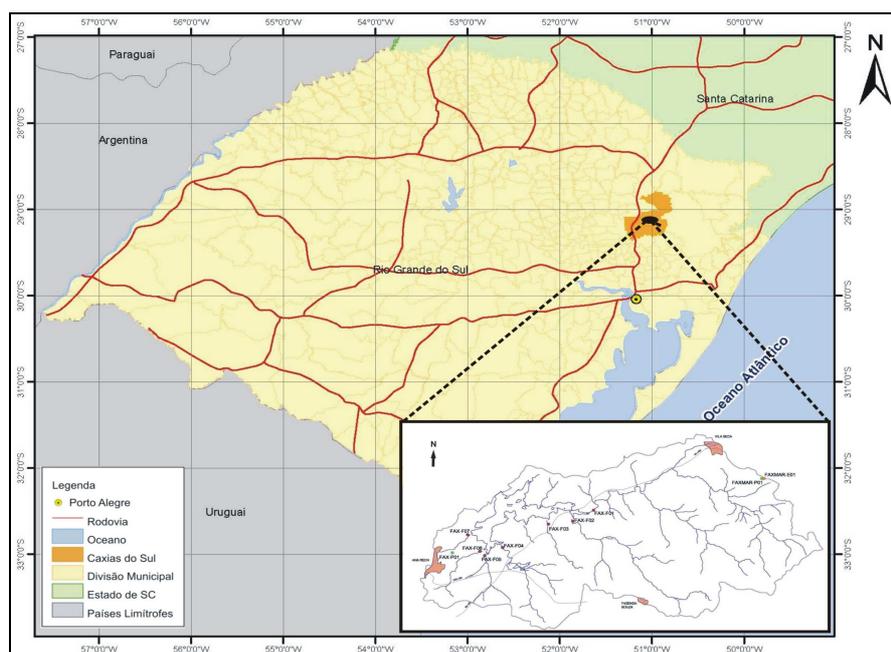


Figura 1 – Localização da Bacia de Captação Faxinal, Caxias do Sul-RS.

## ASPECTOS FÍSICOS

O Rio Grande do Sul dispõem de uma geologia diversificada, contemplando Eras geológicas desde o Neo-arqueano ao recente Cenozóico. A área de estudo está inserida na bacia intracratônica da Província Paraná que detém o Grupo São Bento, este composto pelas Formações Guará, Botucatu e Serra Geral, provenientes de ambientes continentais e derrames vulcânicos relacionados à abertura do Atlântico Sul. Na região do município de Caxias do Sul existe predominância dos afloramentos de derrames do tipo ácido da Formação Serra Geral, enquanto que de forma subordinada observam-se exposições de derrames básicos e a Formação Botucatu. Segundo Bressani *et. al.* (2004), os derrames ácidos observados no município são rochas dacíticas classificadas da base para o topo da seqüência nas seguintes unidades: Dacito Galópolis, Dacito Canyon, Dacito Carijó e Dacito Ana Rech.

Na bacia de captação da represa Faxinal são descritos os Dacitos Carijó e Canyon, o primeiro é caracterizado pela coloração predominantemente cinza oliva clara e estrutura maciça ou bandamento de fluxo, e mineralogicamente magnetita disseminada na matriz, fenocristais de plagioclásio e piroxênio. Enquanto o segundo é marcado por estruturas tabulares, bandas com coloração variando de cinza escura a marrom-avermelhada, e mineralogicamente ocorrem microfenocristais de plagioclásio e piroxênio, opacos e quartzo residual numa matriz a base de micrólitos dos mesmos minerais, além de vidro parcialmente recristalizado. Segundo Lisboa *et. al.* (2003), a cor avermelhada da rocha provém de agregados de grãos de hematita finíssimos que substituem parcialmente ou integralmente a matriz.

A cidade de Caxias do Sul está inserida na Região Hidrográfica do Guaíba, Bacias Hidrográficas Taquari-Antas (G040) e Caí (G030). Estas bacias abrangem parte das unidades geomorfológicas Planalto dos Campos Gerais e Serra Geral. A hidrografia de ambas as bacias acompanham o declínio geral do relevo S – SW. A bacia de captação do Faxinal está inserida na Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, sendo tipificada tal qual contribuinte do Rio das Antas. A Bacia Taquari-Antas pode ser caracterizada por regimes torrenciais, de escoamentos superficiais rápidos e bruscas variações de descargas, por apresentar declividade média elevada, rede de drenagem densa, pouca cobertura vegetal, pouca profundidade e baixa permeabilidade dos solos. A bacia de captação do Faxinal confere uma rede de drenagem com padrão angular controlado por lineamentos.

Em contexto regional, a área de estudo localiza-se na divisão hidrogeológica denominada Bacia do Paraná, cujos principais sistemas aquíferos estão dispostos nas Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral, onde o volume de água é estimado em 50.000 km<sup>3</sup>, segundo Rebouças (1988). A Formação Serra Geral é caracterizada pela presença de aquíferos fraturados, cuja circulação da água ocorre em estruturas tectônicas (fraturas e zonas de fraturas), que podem apresentar ou não influência das estruturas primárias. Em termos da caracterização hidrogeológica da área de interesse, o Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul define o aquífero ocorrente na porção nordeste do Planalto como Sistema Aquífero Serra Geral II (SASG II), onde predominam rochas vulcânicas de composição ácida a intermediária, conforme Machado (2005).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A bacia de captação do Faxinal foi segregada em sete microbacias, baseando-se nos principais tributários que abastecem o reservatório. Os sete pontos de coletas FX-01, FX-02, FX-03, FX-04, FX-05, FX-06 e FX-07 foram determinados levando em consideração a localização do exutório de cada microbacia, imagens de satélite, fotografias aéreas e investigação de campo (Tabela 1; Figura 2). O uso do solo foi caracterizado através da análise de imagens de satélite coletadas pelo Geo Eye

e visitas aos produtores rurais realizando entrevistas, a fim de determinar os tipos de fertilizantes e agrotóxicos utilizados, e respectivas culturas agrícolas.

Tabela 1 - Coordenadas dos pontos de amostragem da água.

Amostras	FX-01	FX-02	FX-03	FX-04	FX-05	FX-06	FX-07
<b>Coordenadas UTM SIRGAS2000</b>	497.750 6.782.050	497.064 6.781.662	496.160 6.781.552	494.482 6.780.684	493.857 6.780.281	493.620 6.780.450	493.235 6.781.083

As coletas das águas foram realizadas em frascos de polietileno de 500 ml, no centro da calha do córrego, e transportadas ao laboratório da estação de tratamento de água Parque da Imprensa, pertencente ao SAMAE, para efetivação das análises físico-químicas. Os resultados obtidos para o pH foram gerados pela aplicação do método potenciométrico, utilizando pHmetro de bancada Thermo Scientific Orion 4 Star e AZ 86505. A condutividade elétrica foi quantificada através do condutivímetro CAAL mCA 150P. Já para obter o parâmetro turbidez empregou-se o método nefelométrico por meio do turbidímetro Hach 2100P. Os elementos e compostos químicos  $Fe^{+2}$ , Mn,  $SO_4^{-2}$ ,  $PO_4^{-}$  (orto e total), Cu,  $NH_4^{+}$  e  $NO_3^{-}$  foram detectados através da aplicação do método fotométrico utilizando o espectrofotômetro Spectroquant Pharo 300 Merck e respectivos Kits Merck. As amostras de água não foram filtradas para a análise dos parâmetros descritos. Este monitoramento ocorre mensalmente, sendo que utilizamos dados coletados durante treze meses, no intervalo de abril de 2012 a abril de 2013.

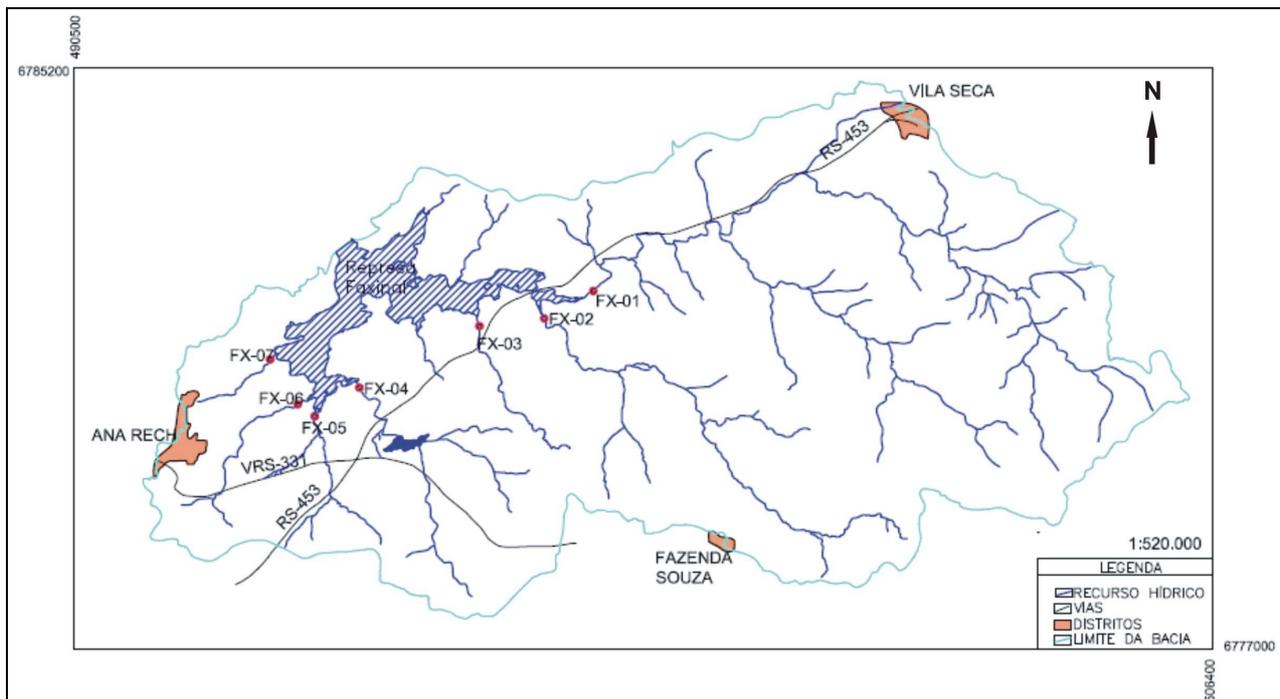


Figura 2- Localização dos pontos de amostragem na Bacia de Captação Faxinal.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do solo na bacia de captação do Faxinal descreve um cenário de floresta e campos em 88,8% da área, e aproximadamente 7,4% de ocupação agrícola; as maiores concentrações de lavouras foram observadas nas microbacias dos pontos FX-02 (12%) e FX-04 (18%). As culturas agrícolas possuem duas épocas predominantes para semeadura, a primeira marcada pelos meses de julho e agosto, enquanto a segunda é definida por outubro e novembro. Os tipos de plantio

observados são tomate, feijão, ameixa, caqui, maçã, uva, moranga, milho, pêsego, vagem, pêra e kiwi. Em algumas áreas da bacia de captação a olericultura ocorre durante o ano todo. As aplicações de fertilizantes NPK e orgânicos ocorrem no mês anterior ou no mês de plantio. A microbacia do ponto FX-07 contém parte da área urbana do bairro Ana Rech e abriga a estação de tratamento do esgoto local.

Os dados obtidos no mês de maio/2012 sofreram interferência de *runoff* no momento de amostragem, exceto o parâmetro ortofosfato que não foi analisado. Constataram-se picos anômalos em relação aos outros meses, demonstrando o arraste de alguns elementos químicos adsorvidos ou dispostos sobre os solos, tais quais, grupo dos metais e nutrientes. No mês de junho não foi avaliada a amostra de fosfato total no ponto FX-01.

Os resultados do pH demonstraram comportamento similar nos sete tributários monitorados, sendo o máximo 7,4 na estação de verão e o mínimo 6,4 no período de inverno. O parâmetro turbidez apresentou valores acima de 100 UNT no mês de maio/2012, em seis dos sete pontos monitorados, confirmando a influência do *runoff*. Nos demais meses todos os pontos monitorados revelaram valores para turbidez compatíveis ao enquadramento de Classe 1, de acordo com CONAMA Nº 357 (2005). As concentrações de sólidos totais dissolvidos (STD) foram geradas com base nos resultados da condutividade elétrica (CE) verificando-se valor máximo 116,44mg/L, desta forma configurando enquadramento Classe 1. No parâmetro nitrato observaram-se os maiores teores no ponto FX-07, contudo o limite máximo permitido (LMP) não excedeu 5mg/L, configurando enquadramento Classe 1 para os sete contribuintes analisados. O amônio manifestou maior concentração na coleta que ocorreu *runoff* 0,94mg/L, incluindo todos os pontos monitorados na Classe 1.

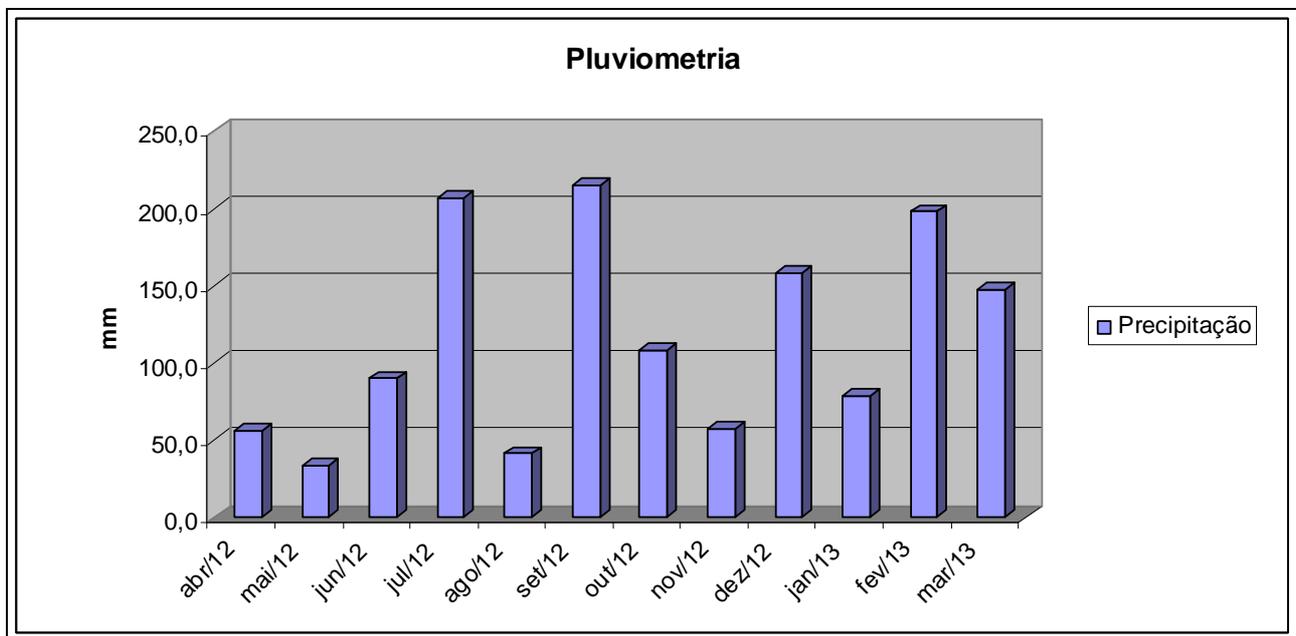


Figura 3– Precipitação pluviométrica total mensal de abril/2012 a março/2013 na bacia de captação do Faxinal.

O monitoramento do aporte de fósforo à represa Faxinal contemplou análises de ortofosfatos e fosfato total. Os ortofosfatos podem ser originários de fertilizantes sintéticos, pesticidas e detergentes, enquanto que o fósforo total, além de englobar os fosfatos industrializados, compreende o fósforo de proveniência orgânica. O mês de julho/2012 apresentou aumento da concentração de ortofosfatos nos pontos FX-01, FX-02, FX-03, FX-04 e FX-07 este comportamento pode ser atribuído ao primeiro período da aplicação de fertilizantes NPK, vinculado ao alto índice

de precipitação pluviométrica total mensal registrada (Figura 3). O escoamento superficial e a infiltração das águas das chuvas possuem grande influência no lixiviamento do fósforo aplicado no solo. Segundo Cunha *et. al.* (2010), 46% do fósforo proveniente de fertilizantes químicos podem ser perdidos para o ambiente. Outros teores relevantes foram identificados nos meses de junho, outubro e dezembro, no ponto FX-01, conferindo com as épocas de utilização do solo na agricultura. O ponto FX-07 indicou concentrações acima de 0,1 mg/L em 90% e 0,15 mg/L em 58% das amostras analisadas (Figura 4). A fonte contínua deste nutriente pode estar relacionada à carga de efluentes oriundos da estação de tratamento de esgoto existente nessa microbacia, sofrendo incremento pela fertilização e aplicação de agrotóxicos na área cultivada, que corresponde a 7%.

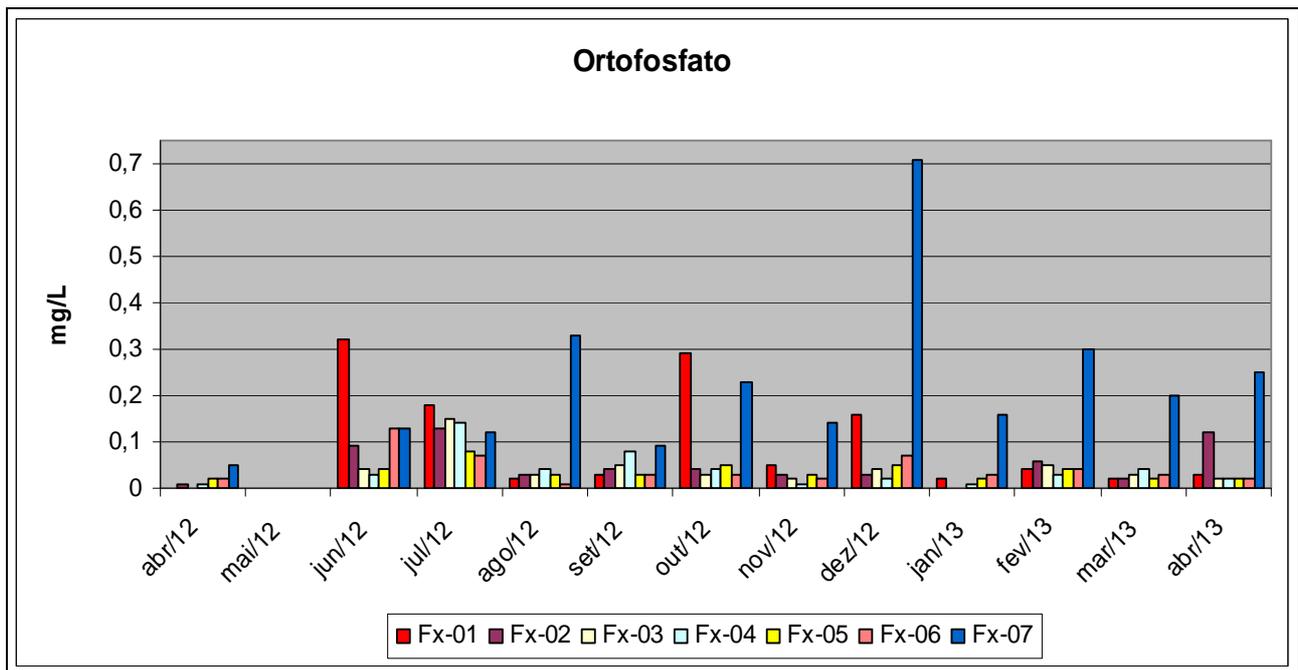


Figura 4– Comportamento do parâmetro ortofosfato nos sete pontos de monitoramento da bacia de captação do Faxinal.

A concentração de fosfato total, no mês de maio, ultrapassou 0,15 mg/L em todos os pontos de monitoramento, confirmando o arraste de fósforo adsorvido através do escoamento superficial (Figura 5). Estudos revelam que o  $PO_4^{3-}$  possui mobilidade restrita no solo devido a propriedades adsorptivas, conforme Campos (1999). Os pontos FX-01, FX-02 e FX-07 demonstraram picos anômalos, acima da concentração máxima permitida pela CONAMA N° 357 (2005). O comparativo entre o fosfato total e ortofosfato constatados no FX-01 revela contribuição elevada de fósforo orgânico nos meses de julho, agosto e outubro. O uso de fertilizantes orgânicos e organominerais são comum na bacia de captação do Faxinal, desta forma os picos identificados podem ser relacionados aos períodos de preparação do solo para semeadura (Figura 6). Nesta microbacia o uso agrícola comporta 4,5% da área, contudo, identificaram-se alguns núcleos habitacionais na localidade Boca da Serra e instalações de aviários. Já no ponto FX-07 o fosfato total demonstrou concentrações próximas as detectadas para o ortofosfato. Sendo assim, reconhece-se o ortofosfato como o maior contribuinte de fósforo na microbacia (Figura 7).

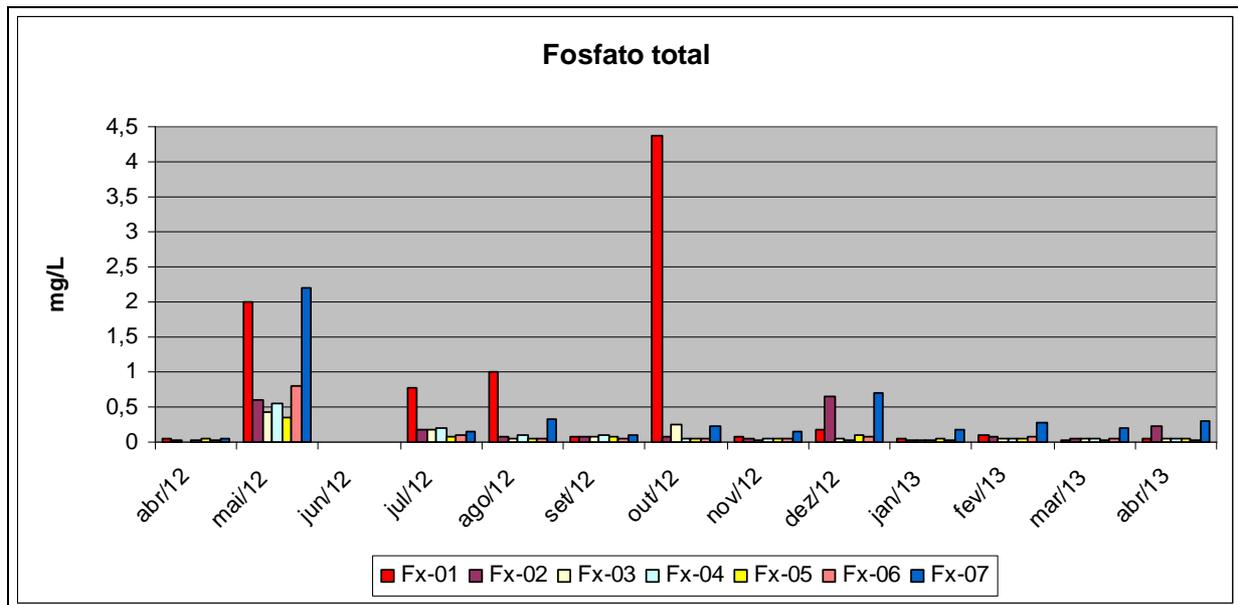


Figura 5– Comportamento do parâmetro fosfato total nos sete pontos de monitoramento da bacia de captação do Faxinal.

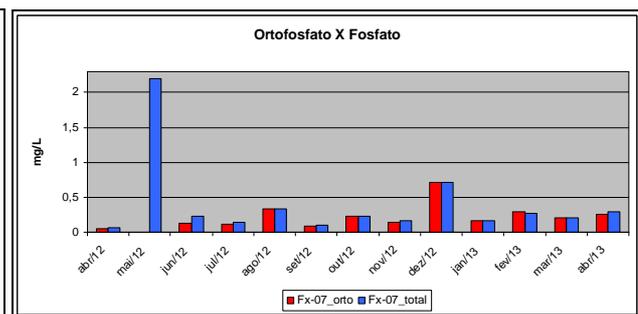
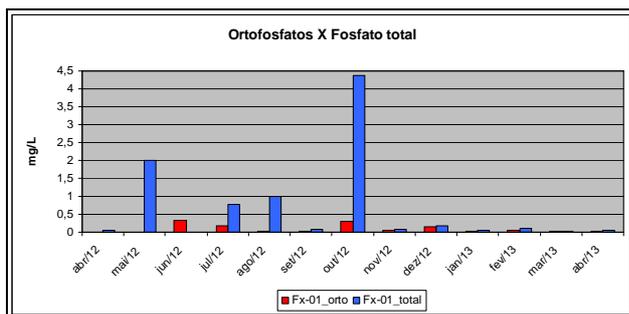


Figura 6– Concentrações de ortofosfato e fosfato total no ponto FX-01. Figura 7– Concentrações de ortofosfato e fosfato total no ponto FX-07.

As análises identificaram cobre em todos os pontos monitorados, no entanto não há registros de estudos geoquímicos na região configurando origem natural deste elemento metálico. Na bacia de captação do Faxinal o setor agrícola aplica fungicidas a base de cobre nas culturas de maçã, ameixa, pêsego e uva resultando em acúmulo deste metal no solo. No evento de *runoff*, mês de maio, observaram-se altos teores de cobre em todos os pontos. Os meses de julho e dezembro demonstraram aumento da concentração de cobre particulado, atingindo o pico de 0,3 mg/L no ponto FX-01 (Figura 8). Este incremento pode estar relacionado ao alto índice de precipitação pluviométrica que reflete no acréscimo de particulados aos córregos por meio de escoamento superficial (Figura 3).

O elemento metálico ferro apresentou teores elevados em todos os pontos, contudo o comportamento químico manteve-se uniforme devido à provável origem (Figura 9). Estudos geoquímicos realizados nas rochas ácidas da região comprovaram a existência mineral de óxidos de ferro (6%), magnetita e hematita, que fornecem aporte natural ao ambiente. O mesmo estudo detectou manganês na forma de óxido (MnO), aproximadamente 0,1%, podendo justificar a sua presença contínua nas águas, Bressani *et. al.* (2004). A metodologia utilizada para análise de  $SO_4^{-2}$  não detectou este composto durante o monitoramento.

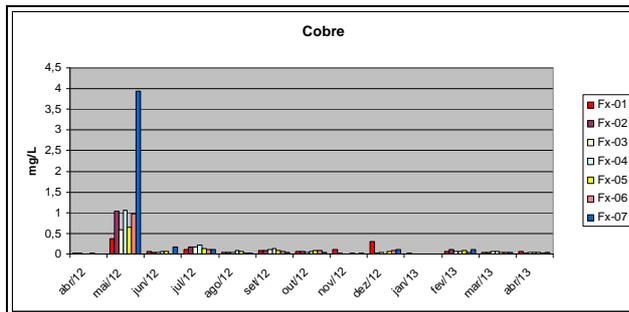


Figura 8 – Comportamento mensal do elemento metálico cobre.

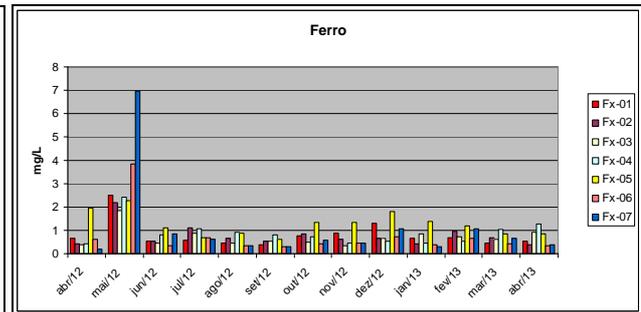


Figura 9 – Comportamento mensal do elemento metálico ferro.

## CONCLUSÃO

O cobre detectado provém da aplicação de fungicidas a base de cobre, pois não há registros de estudos geoquímicos sobre cobre natural nas rochas da área estudada. Por outro lado, ferro e manganês ocorrem naturalmente nas rochas e solos da região descartando anomalias de fonte antrópica. Durante o monitoramento, os valores de pH não apresentaram variações consideráveis, no entanto a turbidez ultrapassou o LMP no evento de *runoff*. O maior aporte de nutrientes e elementos metálicos para o reservatório Faxinal ocorre durante os eventos de escoamento superficial.

Os pontos FX-01 e FX-07 representam elevada contribuição de fósforo para o sistema. As maiores concentrações de ortofosfato foram identificadas nos meses correspondentes a época de fertilização dos solos para semeadura. Nestes períodos o enquadramento das águas destes pontos condicionou-se a Classe 4, segundo CONAMA N° 357 (2005).

## REFERÊNCIAS

BRESSANI, L. A.; FLORES, J. A. A.; NUNES, L. F. (2004). *Desenvolvimento de estudos de engenharia geotécnica/geologia com vistas à geração de relatório e mapa geotécnico dos solos e rochas superficiais da área urbana da cidade de Caxias do Sul*. Contrato de assessoria técnica especializada UFRGS-PMCS. Contrato n° 2615.000386-97/2004. Ministério das Cidades/ Caixa. Programa de desenvolvimento institucional. 48p.

CAMPOS, V.; HYPOLITO, R. (1999). Un estudio sobre contamination de acuíferos asociada a las actividades agrícolas-cuenca del Alto Tietê, Estado de São Paulo, Brasil. In *Anais do II Congresso Argentino de Hidrogeologia*, Buenos Aires. II Congresso Argentino de Hidrogeologia, 1999. v. 13. p. 171-175.

CUNHA, J.F.; CASARIN, V.; PROCHNOW, L.I. (2010). Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n.130, p.1-11.

LISBOA, N. A.; REMUS, M. V. D.; DANI, N.; CASTRO, J. W. (2003). *Estudo geológico e hidrogeológico para o aproveitamento de água do aquífero guarani no município de Caxias do Sul: Relatório Final*. Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 70p.

MACHADO, J.L.F.; FREITAS, M.A. (2005). *Projeto mapa hidrogeológico do Rio Grande do Sul: Relatório Final*. Porto Alegre: CPRM.

REBOUÇAS, A. da C. (1988). Groundwater in Brazil. *Episodes*, v.11, n°3, p.209-214, september.

RESOLUÇÃO CONAMA N° 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. DOU 18.03.2005.